

HamRx

Récepteur pour la bande amateur des deux mètres

Eveille Jean-Marc (F5RDH), Wojciechowicz Henri (F5HW)

De nombreux radioamateurs utilisent la bande des deux mètres pour leurs communications à courte et moyenne distance, et ceci principalement en mobile via des relais, et en modulation de fréquence.

L'objet de cet article est double, d'une part de permettre au plus grand nombre d'entre vous de vous essayer à la réalisation d'un montage HF ou de vous en redonner l'envie, et d'autre part de vous permettre l'écoute de cette bande avec un matériel fait maison. Bien des descriptions ont déjà été faites pour ces fréquences, mais le HamRx, puisque c'est son nom, est un récepteur très complet et particulièrement performant que nous vous invitons à découvrir.

Caractéristiques principales :

- Plage de couverture : 144 MHz à 146 Mhz.
- Synthétisé au pas de 5 KHz, 10 KHz, 12,5 KHz et 25 KHz.
- Géré par microcontrôleur, avec affichage LCD.
- 10 Mémoires et mode VFO.
- Scanning intégral de la bande et scanning des mémoires avec arrêt sur porteuse.
- Fonction S-mètre analogique.
- Sensibilité : meilleure que 2uV.
- Puissance BF : 2 Watt.
- Alimentation externe de 12 à 18 V.
- Consommation : 160 mA

Description des blocs :

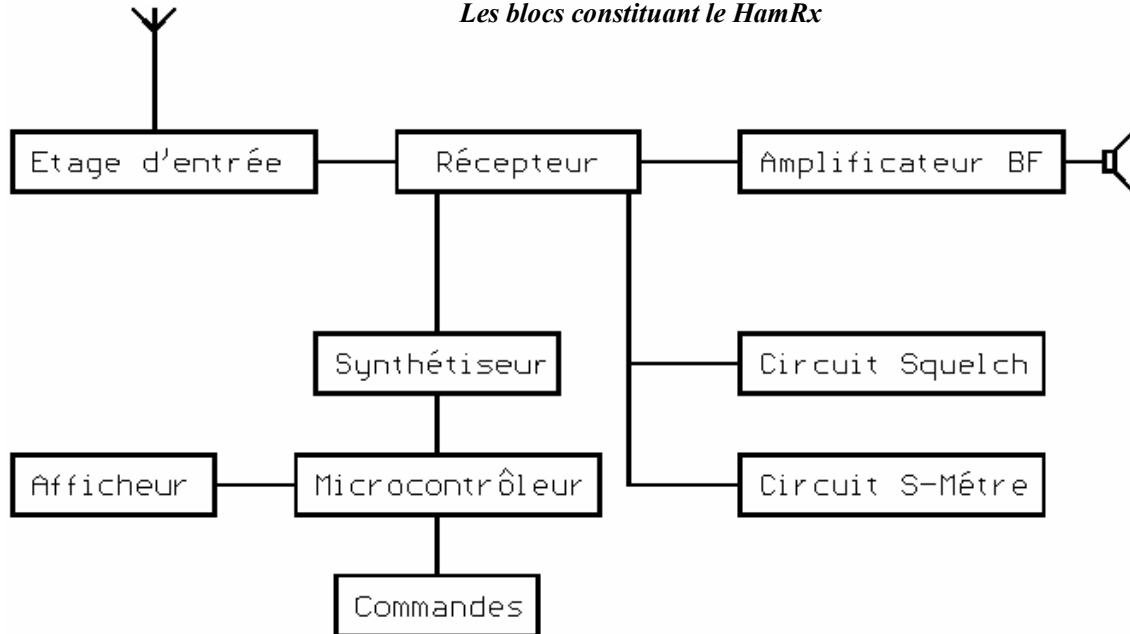
Le signal issu de l'antenne traverse « l'étage d'entrée » où il est filtré, amplifié et adapté avant d'être appliqué sur le premier mélangeur. A ce signal est soustrait la fréquence de l'oscillateur local synthétisé pour donner la première fréquence intermédiaire de 10,7 MHz qui traverse un filtre céramique avant d'être appliqué à l'entrée du deuxième mélangeur.

A la sortie de celui-ci nous trouvons le produit «différence» de la première F.I et de l'oscillateur local à quartz. Ce produit qui vaut 455 KHz, est amplifié après filtrage, puis traverse le limiteur. A sa sortie les signaux basse fréquence subissent un filtrage avant d'être appliqués à « l'amplificateur BF ».

Une portion de la deuxième F.I est prélevée à la sortie du filtre céramique. Ce signal est bufférisé puis amplifié. Il est ensuite redressé pour donner une tension continue proportionnelle à l'amplitude du signal. Cette tension est traitée dans « le circuit de squelch » par un comparateur qui commande les différentes commutations. La tension disponible à la sortie du redresseur est également utilisée pour le « circuit S-mètre ». Le « bloc commandes » est construit autour d'un microcontrôleur PIC16F84. Son rôle est d'interpréter les actions de l'utilisateur, de gérer l'affichage et de piloter le synthétiseur.

Le « bloc alimentation » quant à lui fournit les différentes tensions nécessaires au bon fonctionnement du montage.

Les blocs constituant le HamRx



Etude du schéma de principe :

L'étage d'entrée :

Les signaux issus de l'antenne sont adaptés par un diviseur capacitif formé par C17 et C21. Ces deux condensateurs permettent également l'accord avec L7 sur 145 MHz. Les signaux arrivent ensuite sur la porte 1 du transistor Q1. Ce transistor est polarisé par R1 et R2. C12 et L4 forment un filtre dont le rôle est d'éviter toute perturbation issue de l'alimentation sur la porte 2 de Q1. C13 et L3 ont la même fonction sur le drain. La perle de ferrite placée sur celui-ci permet d'éviter toute auto-oscillation. R3 fixe le courant qui circule entre le drain et la source et C20 découple la tension de source.

Le signal HF après amplification traverse un double filtre. L5 et C19 sont accordés sur 146 MHz et L6, C18 sur 144 MHz. C14, C15 et C16 sont des condensateurs de liaison de très faibles valeurs pour ne pas charger le filtre de sortie et préserver au maximum sa bande passante.

La partie récepteur :

Nous utilisons une fois de plus dans notre application le MC3362 de Motorola qui n'est plus à présenter. L'alimentation du MC3362 qui se situe sur la broche 6 est découplée par C33.

Les signaux HF issus de l'étage d'entrée sont injectés dans le premier mélangeur via la broche 24. Le condensateur C31 découple les courants HF se trouvant sur la broche 1.

Le VCO est constitué du circuit résonnant L8 et C22. Les diodes varicap sont internes au MC3362. La résistance R4 adapte le courant de l'oscillateur afin qu'il puisse travailler dans les meilleures conditions. La fréquence du VCO est disponible sur la broche 20 pour contrôle. Son amplitude est d'environ 100 mV. Le résultat de la différence ($F_{\text{entrée}} - F_{\text{vco}}$) issue du premier mélangeur vaut 10,7 MHz. Il traverse le filtre céramique Y1 dont la bande passante se situe autour de 50 KHz à -3 dB. Cette première FI est ensuite injectée dans le deuxième mélangeur par la broche 17. La deuxième entrée différentielle de ce mélangeur est considérée

comme un point froid et va sur l'alimentation. L'oscillateur local est un montage Colpitts à quartz qui génère une fréquence de 10,245 MHz. Le quartz Y3 est relié sur la base du transistor interne au circuit par la broche 4. C26 s'insère entre la base et l'émetteur, et C29 entre l'émetteur et la masse. La différence du deuxième mélange ($10,7 - 10,245\text{Mhz}$) = 455 KHz est disponible sur la broche 5. Ce signal traverse ensuite le filtre céramique Y2 qui fixe la sélectivité du récepteur pour un espacement de canal de 12,5Mhz. Les signaux, après filtrage, attaquent le limiteur interne par la broche 7. Les condensateurs C27 et C30 permettent le découplage de ce limiteur. L9 et R9 mettent en quadrature les deux signaux issus du limiteur via un double étage différentiel symétrique utilisé en détecteur. Il en résulte la basse fréquence disponible sur la broche 13, dont l'amplitude audio est de l'ordre de 350 mV. (pour une excursion de $\pm 3\text{khz}$).

Le synthétiseur :

La fréquence du premier oscillateur local issue de la broche 20 de U4, traverse un amplificateur formé de Q6, R24, R25, R30, R31 C47. Les condensateurs de liaison C44 et C45 stoppent la composante continue du signal alors que C41 découple l'alimentation de l'amplificateur. Le synthétiseur est construit autour d'un MC145170 (U6) de Motorola. La fréquence de référence est obtenue par un oscillateur à quartz construit autour de Y4 et C52. L12 et C55 permettent d'ajuster exactement la fréquence de l'oscillateur de référence. La LED D4 dont le courant est fixé par R37, indique le verrouillage du synthétiseur. La tension d'erreur est disponible sur la broche 13. Elle traverse le filtre de boucle construit autour de R26, R27, R28, C46, C48 et C49 avant d'attaquer les diodes varicap au travers de la résistance R29. Les signaux DATA, CLK et ENB du synthétiseur sont sévèrement filtrés par des cellules RLC afin de supprimer toute perturbation des étages oscillants et du microcontrôleur. Le premier est constitué de C50, C51, R33 et L10, le second de C53, C54, R35 et L11 et le troisième de C56, C57, R38 et L13. Les transistors Q7 et Q8, commandés au travers des résistances R32 et R36, servent à multiplexer les signaux issus des bits RB5 et RB6 du microcontrôleur entre l'afficheur et le synthétiseur.

Le bloc commandes :

Le microcontrôleur U8 est synchronisé à 4,2 MHz grâce au quartz Y5 et aux condensateurs C61 et C62. La fonction d'anti-rebond du rotary est réalisée par R48, C59 et R49, C59. R42, R51, C63, D6 et le bouton S3 forme le circuit de reset du micro. Celui-ci est alimenté par sa broche 14 qui est découplé par le condensateur C64. L'alimentation du montage est visualisée par la led D5, dont le courant est fixé par la résistance R39. L'afficheur U9 est commandé en mode 4 bits. Le condensateur C60 découple son alimentation. R50 fixe le courant pour le rétro-éclairage, alors que R47, fixe le contraste du LCD. Les résistances R40, R41, R42, R43, R44, R45 et R43 servent de pull-up aux différentes commandes. R52 quant à elle est montée en pull-down.

Le circuit de squelch :

Une partie du signal 455 KHz issue de la deuxième FI, est prélevée au travers du condensateur C30 pour être injectée sur le buffer construit autour du transistor JFET Q5. R22 fixe le potentiel de la grille par rapport à la masse, R14 et R17 définissent la tension et le courant du transistor. Le signal ainsi bufférisé traverse le condensateur de liaison C39 avant d'être appliqué sur la base du transistor Q4 polarisé en classe A. R16 est la résistance de charge, et détermine également la résistance de sortie du montage. La résistance R18 définit le gain de l'amplificateur. Le signal traverse ensuite le condensateur C37 avant d'être redressé par deux diodes germanium D2 et D3. Ce redressement a pour but de délivrer une tension continue, proportionnelle au signal HF, qui est lissé par le condensateur C40 avant d'être

appliqué à un comparateur construit autour de l'amplificateur opérationnel U5A. Les résistances R12 et R15 forment un diviseur de tension, qui réduit à 1,2 V la tension maximum du seuil de déclenchement du comparateur. Ce seuil peut être ajusté au travers du potentiomètre PT1 et de la résistance R11. C25, C32, C34 et C35 sont des condensateurs de découplage. Pour terminer, le transistor Q2 coupe ou non la BF. R8 est la résistance de base du transistor et sert également à temporiser avec le condensateur C28, la fermeture du squelch. Le transistor Q3, commandé au travers de R13, donne l'info scan-stop au microcontrôleur.

Le circuit S-mètre :

Une partie du signal redressé qui sert au circuit squelch, est prélevé pour attaquer l'amplificateur non inverseur U5B. Le gain de celui-ci est fixé à 1 par les résistances R21 et R23. Le courant circulant dans le galvanomètre est ajusté par R20.

L'amplificateur BF :

Le signal BF issu de la broche 13 du MC3362 traverse un double filtre passe-bas RC constitué de R6, C23 et R7, C24. Le potentiomètre PT2 permet de régler le niveau de sortie BF. Le condensateur C68 stoppe la composante continue se trouvant sur le signal et R54 fixe l'impédance d'entrée. Le gain de l'amplificateur U3 est donné par la résistance R55 et le condensateur C71. La polarisation est assurée par R53, C67 et C69. Le signal amplifié est filtré par une cellule de boucherot constitué de R52 et C73, puis traverse le condensateur C70 avant d'attaquer un haut parleur d'impédance 8 Ohms. L'amplificateur est alimenté par sa broche 6. Cette alimentation est découplée par C65 et C66.

L'alimentation :

Le montage est alimenté par une source externe comprise entre 13.5V et 15V. Le fusible F1 protège le montage contre les surcharges et D1 contre les inversions de polarité. Le régulateur U1 fournit la tension de 12V et le régulateur U2 celle de 5V nécessaire au fonctionnement du montage. Les condensateurs C1 à C11 filtrent et découplent les deux tensions. Les selfs de chocs L1 et L2 stoppent tous parasites se trouvant sur la ligne d'alimentation.

Montage du HamRx :

Le HamRx est réalisé sur deux circuits imprimés simple face en époxy. La platine principale est de dimension 166 x 98 mm et la platine de commande est de dimension 166 x 66 mm. Le montage peut être réalisé par des débutants soigneux et appliqués.

On commencera par monter la carte principale.

- Insérer toutes les résistances (sauf les résistances ajustables).
- Monter ensuite les diodes D1, D2, D3 ainsi que les différents straps.
- Mettre en place les selfs moulés L3, L10, L11, L12 et L13.
- Insérer les circuits U4, U5, U6 et U10.
- Monter les selfs de choc L1, L2 et L4.
- Mettre en place tous les condensateurs, en terminant par les condensateurs chimiques et le condensateur ajustable C55.

- Monter tous les transistors et la led D4. Ne pas oublier la perle de ferrite sur le drain de Q1.
- Mettre en place les filtres céramiques Y1, Y2 et les quartz Y3 et Y4.
- Monter toutes les résistances ajustables
- Souder les pots néosid, ainsi que le pot FI 455 KHz.
- Monter les régulateurs et le porte fusible.

On continue avec la carte de commande.

- Mettre en place toutes les résistances , la diode D6 et les straps.
- Monter l'afficheur LCD.
- Souder tous les condensateurs et la led D5.
- Monter le quartz.
- Mettre en place le bouton rotary U7 ainsi que les boutons S2, S3 et S4.
- Finir par l'inverseur unipolaire S1.

Les potentiomètres PT1 et PT2 prennent place sur la carte de commande. Ils sont reliés par fil à la carte principale. Celle-ci est reliée avec la carte commande à l'aide de queue de résistances.

Réglage et mise en route :

Les réglages du HamRx sont denses et nécessitent un minimum d'équipements à savoir un voltmètre, un générateur VHF FM modulé, un oscilloscope et éventuellement un fréquencemètre. Les débutants devront absolument se faire assister par un radioamateur expérimenté sous peine d'échec assuré.

Comme toujours vérifier une dernière fois visuellement l'absence de court-circuit, la bonne réalisation des soudures et le bon emplacement des composants.

Il va de soi que le microcontrôleur est programmé.

Régler votre alimentation à 13,5V et limiter le courant à 160 mA. Placer le fusible sur le porte fusible et mettre le montage sous tension. Vérifier à l'aide du voltmètre la présence d'une tension de 12V à la sortie du régulateur U1, ainsi que sur les broches 6 et 7 de U10. Vérifier la présence d'une tension de 5V à la sortie du régulateur U2, ainsi que sur les broches 6 et 18 de U4, sur la broche 8 de U5, sur la broche 16 de U6, sur la broche 14 de U8. La led D5 devrait être allumée ainsi que l'afficheur LCD. Régler R47 jusqu'à obtenir une écriture lisible sur l'afficheur LCD. Mesurer ensuite le débit du transistor Q1, par la présence d'une tension de 0,350V sur la résistance R3 et mesurer une tension de 11V sur L3. A l'aide de l'oscilloscope, vérifier la présence du 10,245 MHz sur la broche 2 de U4. Vérifier le bon fonctionnement du squelch et du volume et jouer sur PT1 et PT2. Ajuster R17 de façon à obtenir 2,08V sur le drain du transistor Q5.

Nous allons maintenant pré-régler le noyau de la bobine L8 de façon à obtenir une tension de 2,5V sur R29 après avoir affiché 145 MHz sur le récepteur. A ce stade des réglages, branchez le générateur VHF sur l'entrée antenne. Calibrez-le sur 144,000 MHz ainsi que le récepteur, l'atténuateur sur 50 uV avec un signal modulé de 1KHz et une excursion de fréquence de 3Khz. Branchez l'oscilloscope sur la broche 13 de U4. Vous devez obtenir un sinus de 1KHz sur votre oscilloscope. Vous pouvez aussi vous aider du S-mètre pour peaufiner le réglage, d'ailleurs vous devrez entendre le signal de 1 KHz dans le haut-parleur Si le sinus est déformé, parfaire son allure et son amplitude avec L9.

A l'aide du générateur, injectez un signal modulé à 1KHz (excursion à 3Khz) de 144,000 MHz à 50uV et mettez le récepteur sur cette fréquence. L'indication du S-mètre n'a pas d'importance pour le moment puisque celui-ci n'est pas encore calibré. Réduire la puissance injecté à 1,6uV, ajustez le noyau de la bobine L7 (144,000Mhz) idem pour L6 (145,000Mhz), au maximum de la déviation du S-mètre . Procédez de la même façon avec L5 (146,000MHz) Reprendre alternativement les réglages du début en réduisant de plus en plus la puissance de sortie du générateur, et ceci autant de fois que nécessaire, jusqu'à obtenir le maximum de déviation et la même valeur au S-mètre pour les trois fréquences avec le minimum de puissance HF injecté. Vous pouvez maintenant peaufiner les réglages de R17 et R20 pour faire correspondre les niveaux affichés de votre générateur sur votre S-mètre, il sera ainsi calibré. Il ne vous reste plus qu'à tester les différentes fonctions que vous offre le HamRx (scanning, mémoire, vfo etc...).

Ce n'est pas le rôle de cet article de décrire dans le détails le fonctionnement du programme écrit en assembleur microchip, et cela chargerait inutilement cette description.

Ce programme est disponible gratuitement sur simple demande par e-mail.

Conclusion :

Vous avez là un récepteur très complet et très performant, pour un prix qui devrait vous donner envie de le monter. Il trouvera sa place dans le shack en complément du transceiver habituel. Pour les écouteurs il constitue un très bon départ dans la bande des deux mètres, sachant que l'utilisation d'un microcontrôleur allié à un bon programme lui confère une qualité presque professionnelle.

Il peut aussi être un bon complément à la formation des jeunes dans les radio-clubs.

Matériel de mesure utilisé lors de la conception :

- Multimètre analogique Advantest TR6847.
- Fréquencemètre Voltcraft RFC 1300-T.
- Oscilloscope Tektronix 2225.
- Générateur HF Rode & Schwartz SMY.
- Analyseur de spectre Hewlet Packard 8555A.

Bibliographie :

- Guide du technicien en électronique (Edition Hachette).
- Motorola Communications Device Data (MC3362 – MC145170).
- PIC16F84 data sheet – Microchip.
- SGS-Thomson TBA820M Datasheet.
- HD44780 Dot Matrix LCD Controler / Driver Datasheet – Hitachi.

Contact:

Eveille Jean-Marc

eveillejm@aol.com

Wojciechowicz Henri

henriwoj@wanadoo.fr